

PCT/JP2004/001412

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

10.2.2004

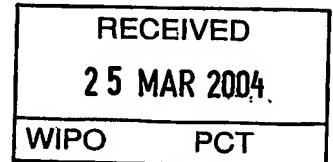
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 3 年   3 月   3 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 3 - 0 5 6 0 0 9  
Application Number:  
[ST. 10/C]:      [J P 2 0 0 3 - 0 5 6 0 0 9]

出   願   人      セイコーエプソン株式会社  
Applicant(s):

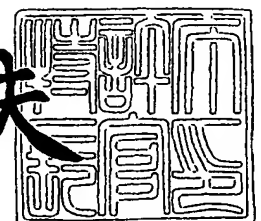


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年   3 月 1 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 9 5 5 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 14065901

【提出日】 平成15年 3月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B41J 2/175

【発明の名称】 液体検出装置及び同装置を備えた液体容器

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和三丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 高 橋 智 明

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿二丁目 4 番 1 号

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075812

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

【選任した代理人】

【識別番号】 100091982

【弁理士】

【氏名又は名称】 永 井 浩 之

【選任した代理人】

【識別番号】 100096895

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡 田 淳 平

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100117787

【弁理士】

【氏名又は名称】 勝 沼 宏 仁

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100105795

【弁理士】

【氏名又は名称】 名 塚 聡

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液体検出装置及び同装置を備えた液体容器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに対向する第 1 面及び第 2 面を有する基部であって、検出対象の媒体を受け入れるための凹部が、前記第 1 面側に開口するようにして形成され、前記凹部の底面が振動可能に形成されている基部と、

前記凹部の底面よりも小さな寸法にて前記基部の前記第 2 面側に形成されて前記凹部の底面に対応する領域の内部に配置された本体部を有する第 1 電極と、

前記第 1 電極の前記本体部よりも小さな寸法にて形成されて前記第 1 電極の前記本体部に積層された本体部を有する圧電層と、

前記圧電層の前記本体部よりも小さな寸法にて形成されて前記圧電層の前記本体部に積層された本体部を有する第 2 電極と、を備えたことを特徴とする液体検出装置。

【請求項 2】

前記第 1 電極は、前記第 1 電極の前記本体部から延出して前記凹部の底面に対応する領域の外部まで延在する延出部をさらに有し、

前記圧電層は、前記圧電層の前記本体部から延出して前記凹部の底面に対応する領域の外部まで延在する延出部をさらに有し、

前記第 2 電極は、前記第 2 電極の前記本体部から延出して前記圧電層の前記本体部及び前記延出部上を延びる延出部をさらに有する請求項 1 記載の液体検出装置。

【請求項 3】

前記凹部及び前記第 1 電極の前記本体部は、いずれも円形であって互いに同心に配置されており、前記第 1 電極の前記本体部の直径は前記凹部の直径の 75% 以上の大きさである請求項 1 又は 2 に記載の液体検出装置。

【請求項 4】

液体を収容する容器本体と、

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の液体検出装置と、を備え、

前記液体検出装置の前記凹部が前記容器本体の液体収容空間に露出していることを特徴とする液体容器。

【請求項 5】

前記容器本体には液体噴射装置用の液体が収容されている請求項 4 記載の液体容器。

【請求項 6】

前記液体噴射装置はインクジェット式記録装置であり、前記容器本体にはインクが収容されている請求項 5 記載の液体容器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液体検出装置及びこの装置を備えた液体容器に係わり、特に、液体噴射装置における液体残量の検出に適した液体検出装置及びこの装置を備えた液体容器に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の液体噴射装置の代表例としては、画像記録用のインクジェット式記録ヘッドを備えたインクジェット式記録装置がある。その他の液体噴射装置としては、例えば液晶ディスプレイ等のカラーフィルタ製造に用いられる色材噴射ヘッドを備えた装置、有機 EL ディスプレー、面発光ディスプレイ (FED) 等の電極形成に用いられる電極材 (導電ペースト) 噴射ヘッドを備えた装置、バイオチップ製造に用いられる生体有機物噴射ヘッドを備えた装置、精密ピペットとしての試料噴射ヘッドを備えた装置等が挙げられる。

【0003】

液体噴射装置の代表例であるインクジェット式記録装置においては、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧されたインクをインク滴として射出するノズル開口と、を有するインクジェット記録ヘッドがキャリッジに搭載されている。

【0004】

インクジェット式記録装置では、インク容器内のインクが流路を介して記録ヘ

ッドに供給され続けることにより、印刷を継続可能に構成されている。インク容器は、例えばインクが消費された時点でユーザが簡単に交換できる、着脱可能なカートリッジとして構成されている。

#### 【0005】

従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法としては、記録ヘッドでのインク滴の射出数やメンテナンスにより吸引されたインク量をソフトウェアにより積算してインク消費を計算により管理する方法や、インクカートリッジに液面検出用の電極を取付けることにより実際にインクが所定量消費された時点を管理する方法などがある。

#### 【0006】

しかしながら、ソフトウェアによりインク滴の吐出数やインク量を積算してインク消費を計算上管理する方法には、次のような問題がある。ヘッドの中には吐出インク滴に重量バラツキを有するものがある。このインク滴の重量バラツキは画質には影響を与えないが、バラツキによるインク消費量の誤差が累積した場合を考慮して、マージンを持たせた量のインクをインクカートリッジに充填してある。従って、個体によってはマージン分だけインクが余るという問題が生ずる。

#### 【0007】

一方、電極によりインクが消費された時点を管理する方法は、インクの実量を検出できるので、インク残量を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面の検出をインクの導電性に頼ることになるので、検出可能なインクの種類が限定されてしまったり、電極のシール構造が複雑化してしまうという欠点がある。また、電極の材料としては、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属が使用されるので、インクカートリッジの製造コストがかさむ。さらに、2本の電極を装着する必要があるため、製造工程が多くなり、結果として製造コストがかさんでしまう。

#### 【0008】

上記の課題を解決すべく開発された装置が、特開 2001-146024 号に圧電装置として開示されている。この圧電装置は、液体残量を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要としたものであり、液体容器に装着して使用するこ

とができる。

#### 【0009】

即ち、特開 2001-146024 号に記載の圧電装置によれば、圧電装置の振動部に対向する空間にインクが存在する場合とインクが存在しない（或いは少ない）場合とで、駆動パルスにより強制的に振動させた後の圧電装置の振動部の残留振動（自由振動）に起因して発生する残留振動信号の共振周波数が変化することを利用して、インクカートリッジ内のインク残量を監視することができる。

#### 【0010】

図 10 (A), (B), (C) は、上述した従来の圧電装置を構成するアクチュエータを示している。このアクチュエータ 106 は、ほぼ中央に円形状の開口 161 を有する基板 178 と、開口 161 を被覆するように基板 178 の一方の面（以下、「表面」という。）に配置される振動板 176 と、振動板 176 の表面の側に配置される圧電層 160 と、圧電層 160 を両方からはさみこむ上部電極 164 および下部電極 166 と、上部電極 164 と電気的に結合する上部電極端子 168 と、下部電極 166 と電気的に結合する下部電極端子 170 と、上部電極 164 および上部電極端子 168 の間に配設され両者を電気的に結合する補助電極 172 と、を有する。

#### 【0011】

圧電層 160、上部電極 164 および下部電極 166 は、それぞれの本体部としての円形部分を有する。そして、圧電層 160、上部電極 164 および下部電極 166 のそれぞれの円形部分が、圧電素子を形成している。

#### 【0012】

振動板 176 は、基板 178 の表面に、開口 161 を覆うように形成される。キャビティ 162 は、開口 161 と面する振動板 176 の部分と基板（キャビティ形成部材） 178 の開口 161 とによって形成される。圧電素子とは反対側の基板 178 の面（以下、「裏面」という。）は、インク容器内方に面している。これにより、キャビティ 162 は液体（インク）と接触するように構成されている。なお、キャビティ 162 内に液体が入っても基板 178 の表面側に液体が漏れないように、振動板 176 は基板 178 に対して液密に取り付けられている。

## 【0013】

下部電極 166 は、振動板 176 の表面に位置している。下部電極 166 の本体部である円形部分の中心と開口 161 の中心とは、一致するように取り付けられている。また、下部電極 166 の表面側には、圧電層 160 が、その円形部分の中心と開口 161 の中心とが一致するように配置形成されている。

## 【0014】

そして、この従来の技術におけるアクチュエータ（圧電装置）106 においては、下部電極 166 の円形部分の寸法（面積）が、開口 161 の寸法（面積）よりも小さくなるように設定されており、下部電極 166 の円形部分はその全体が開口 161 に対応する領域の範囲内に配置されている。また、圧電層 160 の円形部分の面積は、開口 161 の面積よりも小さく、かつ、下部電極 166 の円形部分の面積よりも大きくなるように設定されている。

## 【0015】

圧電層 160 の表面側には、上部電極 164 が、その本体部である円形部分の中心と開口 161 の中心とが一致するように配置形成されている。上部電極 164 の円形部分の面積は、開口 161 および圧電層 160 の円形部分の面積よりも小さく、かつ、下部電極 166 の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

## 【0016】

したがって、圧電層 160 の本体部は、上部電極 164 の本体部と下部電極 166 の本体部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっている。圧電層 160、上部電極 164 および下部電極 166 のそれぞれの本体部である円形部分が、アクチュエータ 106 における圧電素子を形成する。この圧電素子は振動板 176 に接している。

## 【0017】

このような構造のために、振動板 176 のうち実際に振動する振動領域は、開口 161 によって決定される。また、圧電層 160 と電氣的に接続する下部電極 166 の円形部分および上部電極 164 の円形部分のうち、下部電極 166 の円形部分の方が小さいので、下部電極 166 の円形部分が、圧電層 160 のうちで



圧電効果を発生する部分を決定する。

【0018】

上述したように、従来の技術におけるアクチュエータ 106（圧電装置）においては、上部電極 164 の円形の本体部、圧電層 160 の円形の本体部、下部電極 166 の円形の本体部および円形の開口 161 のうちで、面積が最も大きいのは開口 161 であり、次に大きいのが圧電層 160 の本体部であり、次が上部電極 164 の本体部であり、最も小さいのが下部電極 166 の本体部である。

【0019】

そして、上述した従来の技術におけるアクチュエータ 106 では、圧電素子に駆動パルスを印加して振動部を強制的に振動させた後に生じる振動部の残留振動（自由振動）が、同じ圧電素子によって逆起電力として検出される。そして、インク容器内の液面がアクチュエータ 106 の設置位置（厳密にはキャビティ 162 の位置）を通過する前後で振動部の残留振動状態が変化することを利用して、インク容器内のインク残量を検出することができる。

【0020】

【特許文献 1】

特開 2001-146024 号公報

【0021】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上述した従来の液体検出装置（圧電装置）においては、以下に述べるような問題があった。

【0022】

第 1 に、液体検出装置の振動部の残留振動によって圧電素子に生じる逆起電力の出力が小さく、このために逆起電力の検出が困難であった。これは、圧電素子に駆動パルスを印加して強制的に振動させた場合の振動部の変形形状（変形モード）と、強制変形後の自由振動時における振動部の変形形状（変形モード）とが大きく相違することによるものと考えられる。

【0023】

第 2 に、強制変形後の振動部の自由振動中に、検出対象として必要な振動周波

数以外に不要な高次の振動モードが励起されてしまうという問題があった。特に、製造バラツキにより振動部内での下部電極の位置がずれると不要振動が増大し、場合によっては検出不能となったり、正確な検出ができなくなる場合があった。

#### 【0024】

本発明は、上述した事情を考慮して成されたものであって、振動部の残留振動状態を容易且つ確実に検出することができる液体検出装置及び同装置を備えた液体容器を提供することを目的とする。

#### 【0025】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明による液体検出装置は、互いに対向する第1面及び第2面を有する基部であって、検出対象の媒体を受け入れるための凹部が、前記第1面側に開口するようにして形成され、前記凹部の底面が振動可能に形成されている基部と、前記凹部の底面よりも小さな寸法にて前記基部の前記第2面側に形成されて前記凹部の底面に対応する領域の内部に配置された本体部を有する第1電極と、前記第1電極の前記本体部よりも小さな寸法にて形成されて前記第1電極の前記本体部に積層された本体部を有する圧電層と、前記圧電層の前記本体部よりも小さな寸法にて形成されて前記圧電層の前記本体部に積層された本体部を有する第2電極と、を備えたことを特徴とする。

#### 【0026】

また、好ましくは、前記第1電極は、前記第1電極の前記本体部から延出して前記凹部の底面に対応する領域の外部まで延在する延出部をさらに有し、前記圧電層は、前記圧電層の前記本体部から延出して前記凹部の底面に対応する領域の外部まで延在する延出部をさらに有し、前記第2電極は、前記第2電極の前記本体部から延出して前記圧電層の前記本体部及び前記延出部上を延びる延出部をさらに有する。

#### 【0027】

また、好ましくは、前記凹部及び前記第1電極の前記本体部は、いずれも円形であって互いに同心に配置されており、前記第1電極の前記本体部の直径は前記

凹部の直径の75%以上の大きさである。

【0028】

上記課題を解決するために、本発明による液体容器は、液体を収容する容器本体と、上記のいずれかに記載の液体検出装置と、を備え、前記液体検出装置の前記凹部が前記容器本体の液体収容空間に露出していることを特徴とする。

【0029】

また、好ましくは、前記容器本体には液体噴射装置用の液体が収容されている。

【0030】

また、好ましくは、前記液体噴射装置はインクジェット式記録装置であり、前記容器本体にはインクが収容されている。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態による液体検出装置及びこの液体検出装置を備えたインクカートリッジ（液体容器）について図面を参照して説明する。

【0032】

図1は、本実施形態によるインクカートリッジが使用されるインクジェット式記録装置（液体噴射装置）の概略構成を示し、図1中符号1はキャリッジであり、このキャリッジ1はキャリッジモータ2により駆動されるタイミングベルト3を介し、ガイド部材4に案内されてプラテン5の軸方向に往復移動されるように構成されている。

【0033】

キャリッジ1の記録用紙6に対向する側にはインクジェット式記録ヘッド12が搭載され、またその上部には記録ヘッド12にインクを供給するインクカートリッジ7が着脱可能に装着されている。

【0034】

この記録装置の非印字領域であるホームポジション（図中、右側）にはキャップ部材31が配置されており、このキャップ部材31はキャリッジ1に搭載された記録ヘッドがホームポジションに移動した時に、記録ヘッドのノズル形成面に押

し当てられてノズル形成面との間に密閉空間を形成するように構成されている。そして、キャップ部材 31 の下方には、キャップ部材 31 により形成された密閉空間に負圧を与えてクリーニング等を実施するためのポンプユニット 10 が配置されている。

#### 【0035】

そして、キャップ部材 31 における印字領域側の近傍には、ゴムなどの弾性板を備えたワイピング手段 11 が記録ヘッドの移動軌跡に対して例えば水平方向に進退できるように配置されていて、キャリッジ 1 がキャップ部材 31 側に往復移動するに際して、必要に応じて記録ヘッドのノズル形成面を払拭することができるように構成されている。

#### 【0036】

図 2 及び図 3 (A)、(B) は、本実施形態による液体検出装置 60 を示した図であり、この液体検出装置 60 は、基板 41 に振動板 42 を積層して構成された基部 40 を有し、この基部 40 は、互いに対向する第 1 面 40a 及び第 2 面 40b を有する。基部 40 には、検出対象の媒体を受け入れるための円形のキャビティ (凹部) 43 が、第 1 面 40a 側に開口するようにして形成されており、キャビティ 43 の底面部 43a が振動板 42 にて振動可能に形成されている。換言すれば、振動板 42 全体のうち実際に振動する部分は、キャビティ 43 によってその輪郭が規定されている。基部 40 の第 2 面 40b 側の両端には下部電極端子 44 及び上部電極端子 45 が形成されている。

#### 【0037】

基部 40 の第 2 面 40b には下部電極 (第 1 電極) 46 が形成されており、この下部電極 46 は、円形の本体部 46a と、この本体部 46a から下部電極端子 44 の方向に延出して下部電極端子 44 に接続された延出部 46b とを有する。下部電極 46 の円形の本体部 46a の中心はキャビティ 43 の中心と一致している。

#### 【0038】

下部電極 46 の円形の本体部 46a は、円形のキャビティ 43 よりも小径に形成されており、キャビティ 43 に対応する領域の内部に配置されている。好まし

くは、下部電極 46 の本体部 46a の直径は、キャビティ 43 の直径の 75% 以上の大きさである。

#### 【0039】

下部電極 46 の本体部 46a の上には圧電層 47 の円形の本体部 47a が積層されており、圧電層 47 の本体部 47a は下部電極 46 の本体部 46a よりも小径である。圧電層 47 の本体部 47a からは延出部 47b が延出しており、この圧電層 47 の延出部 47b は、キャビティ 43 に対応する領域の外部まで延在している。

#### 【0040】

圧電層 47 の本体部 47a には、上部電極（第 2 電極）49 の円形の本体部 49a が積層されており、この上部電極 49 の本体部 49a は圧電層 47 の本体部 47a よりも小径に形成されている。また、上部電極 49 は、本体部 49a から延出して圧電層 47 の本体部 47a 及び延出部 47b 上を延びる延出部 49b を有している。この延出部 49b は、圧電層 47 の延出部 47b を越えて延出し、上部電極端子 45 に接続されている。

#### 【0041】

このように、圧電層 47 の本体部 47a は、上部電極 49 の本体部 49a と下部電極 46 の本体部 46a とによって挟みこまれる構造となっている。これにより、圧電層 47 は効果的に変形駆動され得る。

#### 【0042】

前記の如く上部電極 49 の本体部 49a は、圧電層 47 の本体部 47a よりも小径に形成されている。一方、下部電極 46 の本体部 46a は、圧電層 47 の本体部 47a の全面をカバーしている。従って、上部電極 49 の本体部 49a が、圧電層 47 全体のうちで圧電効果を発生する部分の範囲を決定することになる。

#### 【0043】

なお、液体検出装置 60 に含まれる部材は、互いに焼成されることによって一体的に形成されていることが好ましい。このように液体検出装置 60 を一体的に形成することによって、液体検出装置 60 の取り扱いが容易になる。

#### 【0044】

圧電層 47 の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛 (P Z T)、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン (P L Z T)、または、鉛を使用しない鉛レス圧電膜、を用いることが好ましい。基板 41 の材料としては、ジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板 42 には、基板 41 と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極 49、下部電極 46、上部電極端子 45 および下部電極端子 44 は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

#### 【0045】

圧電層 47 の本体部 47 a、上部電極 49 の本体部 49 a、及び下部電極 46 の本体部 46 a は、それらの中心がキャビティ 43 の中心と一致している。また、振動板 42 の振動可能な部分を決定する円形状のキャビティ 43 の中心は、液体検出装置 60 の全体の中心に位置している。

#### 【0046】

キャビティ 43 によって規定される振動板 42 の振動可能な部分、下部電極 46 の本体部 46 a 及び延出部 46 b のうちのキャビティ 43 に対応する部分、圧電層 47 の本体部 47 a 及び延出部 47 b のキャビティ 43 に対応する部分、並びに上部電極 49 の本体部 49 a 及び延出部 49 b のキャビティ 43 に対応する部分は、液体検出装置 60 の振動部 61 を構成する。そして、この液体検出装置 60 の振動部 61 の中心は、液体検出装置 60 の中心と一致する。

#### 【0047】

更に、圧電層 47 の本体部 47 a、上部電極 49 の本体部 49 a、下部電極 46 の本体部 46 a 及び振動板 42 の振動可能な部分（即ちキャビティ 43 の底面部 43 a に対応する部分）が円形形状を有しているので、液体検出装置 60 の振動部 61 は液体検出装置 60 の中心に対して略対称な形状である。

#### 【0048】

以上述べたように本実施形態においては、下部電極 46 の本体部 46 a を圧電層 47 の本体部 47 a よりも大きな径で形成し、キャビティ 43 に対応する領域を広い範囲にわたって下部電極 46 の本体部 46 a で覆うようにしたので、下部電極 46 の本体部 46 a で覆われていない薄肉の部分の面積が小さくなる。この

ため、強制変形後の振動部の自由振動中に、検出対象として必要な振動周波数以外の不要な高次の振動モードが励起されることを抑制することができる。また、自由振動時に薄肉の部分のみが大きく変形して圧電層 47 の変形量が小さくなって逆起電力の出力が小さくなる現象が防止され、強制振動時の変形モードと自由振動時の変形モードとの相違が従来に比べて小さくなる。

#### 【0049】

このように本実施形態によれば、構造の非対称性から生じ得る不要な振動の発生が抑制される共に、強制振動時と自由振動時との間の変形モードの相違による逆起電力の出力低下が防止される。これにより、液体検出装置 60 の振動部 61 における残留振動の共振周波数の検出精度が向上すると共に、振動部 61 の残留振動の検出が容易になる。

#### 【0050】

また、下部電極 46 の本体部 46 a の上に積層される圧電層 47 の本体部 47 a を下部電極 46 の本体部 46 a よりも小径に形成し、圧電層 47 の本体部 47 a の上に積層される上部電極 49 の本体部 49 a を圧電層 47 の本体部 47 a よりも小径に形成するようにしたので、製造過程において後から形成される部分（例えば圧電層 47 の本体部 47 a）の方が、先行して形成された部分（例えば下部電極 46 の本体部 46 a）よりも小径である。このため、先行して形成された部分の位置を最後まで確認しながら次の部分を形成することができるので、積層時の位置合わせを精度良く行うことができる。

#### 【0051】

また、液体検出装置 60 の振動部 61 と液体とが接触する範囲が、キャビティ 43 が存在する範囲に限定されるので、液体の検出をピンポイントで行うことが可能であり、これにより、インクカートリッジ 7 内のインクレベルを高精度にて検出することができる。

#### 【0052】

図 4 は、本実施形態において用いられる液体検出装置 60 およびその等価回路を示す。この液体検出装置 60 は、残留振動による共振周波数を検出することで音響インピーダンスの変化を検知して、インクカートリッジ内の液体の消費状態

を検出するものである。

#### 【0053】

図4 (A)および図4 (B)は、液体検出装置60の等価回路を示す。また、図4 (C)および図4 (D)は、それぞれインクカートリッジ7内にインクが満たされているときの液体検出装置60を含む周辺およびその等価回路を示し、図4 (E)および図4 (F)は、それぞれインクカートリッジ7内にインクが無いときの液体検出装置60を含む周辺およびその等価回路を示す。

#### 【0054】

図2乃至図4に示される液体検出装置60は、インクカートリッジ7の容器本体の所定の場所に、キャビティ43が容器本体内に收容される液体（インク）と接触するように装着される。つまり、液体検出装置60の振動部61の少なくとも一部が容器本体の收容空間に露出している。容器本体に液体が十分に收容されている場合には、キャビティ43内およびその外側は液体によって満たされている。

#### 【0055】

一方、インクカートリッジ7の容器本体内の液体（インク）が消費され、液体検出装置60の装着位置（厳密にはキャビティ43の位置）よりも下方まで液面が降下すると、キャビティ43内に液体が存在しない状態となるか、あるいは、キャビティ43内にのみ液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。

#### 【0056】

液体検出装置60は、この状態の変化に起因する音響インピーダンスの相違を検出する。それによって、液体検出装置60は、容器本体に液体が十分に收容されている状態であるか、あるいは、ある一定以上の液体が消費された状態であるか、を検知することができる。

#### 【0057】

次に、本実施形態による液体検出装置60における液面検出の原理について説明する。

液体検出装置60は、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数の変化を



用いて検出することができる。共振周波数は、液体検出装置 60 の振動部 61 が振動した後に振動部 61 に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって検出することができる。すなわち、液体検出装置 60 の圧電層 47 に駆動パルスを印加して振動部 61 を強制的に振動させた後に振動部 61 を自由振動させると、液体検出装置 60 の振動部 61 における残留振動（自由振動）により圧電層 47 が逆起電力を発生する。この逆起電力の大きさは、液体検出装置 60 の振動部 61 の振幅によって変化する。従って、液体検出装置 60 の振動部 61 の残留振動（自由振動）の振幅が大きいほど、逆起電力の出力の検出が容易である。

#### 【0058】

また、液体検出装置 60 の振動部 61 における残留振動の周波数によって、逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。すなわち、液体検出装置 60 の振動部 61 の周波数は、逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、液体検出装置 60 の振動部 61 と、この振動部 61 に接する媒体との共振状態における周波数をいう。

#### 【0059】

インクカートリッジ 7 の容器本体内に液体（インク）が十分に収容されている場合には、液体検出装置 60 のキャビティ 43 内には液体が満たされ、振動部 61 はキャビティ 43 の底面部 43a にて容器本体内の液体と接触している。一方で、容器本体内に液体が充分にない場合には、液体検出装置 60 の振動部 61 は、キャビティ 43 内に残った液体と接するか、あるいは、液体と接触せず、気体または真空と接触する。

#### 【0060】

ここで、図 2 乃至図 4 を参照しながら、逆起電力の測定により得られる媒体と液体検出装置 60 の振動部 61 との共振周波数から、インクカートリッジ 7 の容器本体内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。

#### 【0061】

液体検出装置 60 において、上部電極端子 45 および下部電極端子 44 を介して、それぞれ上部電極 49 および下部電極 46 に電圧を印加する。すると、圧電

層 47 のうち、上部電極 49 および下部電極 46 に挟まれた部分に電界が生じる。この電界によって、圧電層 47 は変形する。圧電層 47 が変形することによって、振動板 42 のうちの振動領域（キャビティ 43 の底面部 43a に対応する領域）が、たわみ振動する。圧電層 47 を強制的に変形させた後、しばらくは、たわみ振動が液体検出装置 60 の振動部 61 に残留する。

#### 【0062】

この残留振動は、液体検出装置 60 の振動部 61 と媒体との自由振動である。従って、圧電層 47 に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後の振動部 61 と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、液体検出装置 60 の振動部 61 の振動であり、圧電層 47 の変形を伴う。このため、残留振動に伴って圧電層 47 は逆起電力を発生する。この逆起電力は、上部電極 49、下部電極 46、上部電極端子 45 および下部電極端子 44 を介して検出される。この検出された逆起電力によって共振周波数が特定できるので、この共振周波数に基づいてインクカートリッジ 7 の容器本体内の液体（インク）の有無を検出することができる。

#### 【0063】

一般に、共振周波数  $f_s$  は、

$$f_s = 1 / (2 * \pi * (M * C_{act})^{1/2}) \quad (式 1)$$

で表される。ここで、 $M$  は振動部 61 のイナータンス  $M_{act}$  と付加イナータンス  $M'$  との和である。 $C_{act}$  は振動部 61 のコンプライアンスである。

#### 【0064】

図 4 (A) および図 4 (B) は、キャビティ 43 にインクが残存していないときの液体検出装置 60 の振動部 61 およびキャビティ 43 の等価回路である。

#### 【0065】

$M_{act}$  は、振動部 61 の厚さと振動部 61 の密度との積を振動部 61 の面積で除したものであり、詳細には、図 4 (A) に示すように、

$$M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib} \quad (式 2)$$

と表される。

#### 【0066】

ここで、 $M_{pzt}$ は、振動部 61 における圧電層 47 の厚さと圧電層 47 の密度との積を圧電層 47 の面積で除したものである。 $M_{electrode1}$ は、振動部 61 における上部電極 49 の厚さと上部電極 49 の密度との積を上部電極 49 の面積で除したものである。 $M_{electrode2}$ は、振動部 61 における下部電極 46 の厚さと下部電極 46 の密度との積を下部電極 46 の面積で除したものである。 $M_{vib}$ は、振動部 61 における振動板 42 の厚さと振動板 42 の密度との積を振動板 42 の振動領域の面積で除したものである。

#### 【0067】

ただし、 $M_{act}$ を振動部 61 の全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるように、圧電層 47、上部電極 49、下部電極 46 および振動板 42 の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。

#### 【0068】

また、本実施形態において、圧電層 47、上部電極 49 および下部電極 46 においては、それらの主要部である円形の本体部 47a、49a、46a 以外の部分は、本体部に対して無視できるほど微小であることが好ましい。従って、液体検出装置 60 において、 $M_{act}$ は、上部電極 49、下部電極 46、圧電層 47 および振動板 42 のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンス  $C_{act}$ は、上部電極 49、下部電極 46、圧電層 47 および振動板 42 のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

#### 【0069】

尚、図 4 (A)、(B)、(D)、(F)は、液体検出装置 60 の振動部 61 およびキャビティ 43 の等価回路を示すが、これらの等価回路において、 $C_{act}$ は液体検出装置 60 の振動部 61 のコンプライアンスを示す。 $C_{pzt}$ 、 $C_{electrode1}$ 、 $C_{electrode2}$  および  $C_{vib}$ は、それぞれ、振動部 61 における圧電層 47、上部電極 49、下部電極 46 および振動板 42 のコンプライアンスを示す。 $C_{act}$ は、以下の式 3 で表される。

$$\begin{aligned} 1/C_{act} = & (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) \\ & + (1/C_{vib}) \end{aligned} \quad (式 3)$$

式2および式3より、図4 (A)は、図4 (B)のように表すこともできる。

#### 【0070】

コンプライアンス  $C_{act}$  は、単位面積に圧力をかけたときの変形によって受容できる媒体の体積を表す。すなわち、コンプライアンス  $C_{act}$  は、変形のし易さを表す。

#### 【0071】

図4 (C)は、インクカートリッジ7の容器本体に液体が十分に収容され、液体検出装置60の振動部61の周辺に液体が満たされている場合の液体検出装置60の断面図を示す。図4 (C)の  $M'_{max}$  は、インクカートリッジ7の容器本体に液体が十分に収容され、液体検出装置60の振動部61の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス（付加質量（振動領域の振動に影響を及ぼす質量）を面積の2乗で除したもの）の最大値を表す。 $M'_{max}$  は、

$$M'_{max} = (\pi * \rho / (2 * k^3)) * (2 * (2 * k * a)^3 / (3 * \pi)) / (\pi * a^2)^2 \quad (\text{式4})$$

（ $a$  は振動部の半径、 $\rho$  は媒体の密度、 $k$  は波数である。）

で表される。

#### 【0072】

尚、式4は、液体検出装置60の振動部61が半径  $a$  の円形である場合に成立する。付加イナータンス  $M'$  は、振動部61の付近にある媒体によって、振動部61の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式4からわかるように、 $M'_{max}$  は、振動部61の半径  $a$  と媒体の密度  $\rho$  とによって、大きく変化する。

#### 【0073】

波数  $k$  は、

$$k = 2 * \pi * f_{act} / c \quad (\text{式5})$$

（ $f_{act}$  は、振動部61の共振周波数である。 $c$  は、媒体中を伝播する音響の速度である。）

で表される。

#### 【0074】

図4 (D)は、インクカートリッジ7の容器本体に液体が十分に収容され、液

液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺に液体が満たされている図 4 (C) の場合の液体検出装置 60 の振動部 61 およびキャビティ 43 の等価回路を示す。

#### 【0075】

図 4 (E) は、インクカートリッジ 7 の容器本体の液体が消費され、液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺に液体が無いものの、液体検出装置 60 のキャビティ 43 内には液体が残存している場合の液体検出装置 60 の断面図を示す。

#### 【0076】

式 4 は、インクカートリッジ 7 の容器本体に液体が満たされている場合に、インクの密度  $\rho$  などから決定される最大のイナータンス  $M'_{\max}$  を表す式である。一方、容器本体内の液体が消費され、キャビティ 43 内に液体が残留しつつ液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺にある液体が気体または真空中に置換された場合等の付加イナータンス  $M'$  は、一般的に、

$$M' = \rho * t / S \quad (\text{式 6})$$

と表せる（より詳しくは、後述の式 8 参照）。ここで、 $t$  は振動にかかわる媒体の厚さである。 $S$  は、液体検出装置 60 の振動部 61 の面積である。振動部 61 が半径  $a$  の円形の場合は、 $S = \pi * a^2$  である。

#### 【0077】

従って、付加イナータンス  $M'$  は、容器本体に液体が十分に収容され、液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺に液体が満たされている場合には、式 4 に従う。一方で、液体が消費され、キャビティ 43 内に液体が残留しつつ液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺にある液体が気体または真空中に置換された場合には、式 6 に従う。

#### 【0078】

ここで、図 4 (E) のように、インクカートリッジ 7 の容器本体の液体が消費され、液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺に液体が無いものの、液体検出装置 60 のキャビティ 43 内には液体が残存している場合の付加イナータンス  $M'$  を、便宜的に  $M'_{\text{cav}}$  とし、液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス  $M'_{\max}$  と区別する。

#### 【0079】

図4 (F)は、インクカートリッジ7の容器本体の液体が消費され、液体検出装置60の振動部61の周辺に液体が無いものの、液体検出装置60のキャビティ43内には液体が残存している図4 (E)の場合の液体検出装置60の振動部61およびキャビティ43の等価回路を示す。

#### 【0080】

ここで、媒体の状態に関するパラメータは、式6において、媒体の密度 $\rho$ および媒体の厚さ $t$ である。容器本体内に液体が十分に収容されている場合は、液体検出装置60の振動部61に液体が接触する。一方、容器本体内に液体が十分に収容されていない場合は、キャビティ43内部に液体が残存するか、もしくは、液体検出装置60の振動部61に気体または真空が接触する。液体検出装置60の周辺の液体が消費され、図4 (C)の $M'_{\max}$ から図4 (E)の $M'_{\text{cav}}$ へ移行する過程における付加イナータンス $M'_{\text{var}}$ は、容器本体内の液体の収容状態によって媒体の密度 $\rho$ や媒体の厚さ $t$ が変化することに伴って変化する。これにより、共振周波数 $f_s$ も変化する。従って、共振周波数 $f_s$ を特定することによって、容器本体内の液体の量を検出することができる。

#### 【0081】

ここで、図4 (E) に示すように $t = d$ とした場合、式6を用いて $M'_{\text{cav}}$ を表すと、式6の $t$ にキャビティの深さ $d$ を代入し、

$$M'_{\text{cav}} = \rho * d / S \quad (\text{式7})$$

となる。

#### 【0082】

また、媒体が互いに種類の異なる液体であれば、組成の違いによって密度 $\rho$ が異なるため、付加イナータンス $M'$ 及び共振周波数 $f_s$ が異なる。従って、共振周波数 $f_s$ を特定することで、液体の種類を検出できる。

#### 【0083】

図5 (A) は、インクカートリッジ7の容器本体内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ との関係を示すグラフである。縦軸は共振周波数 $f_s$ を示し、横軸はインク量を示す。

#### 【0084】

インクカートリッジ7の容器本体にインクが十分に収容され、液体検出装置60の振動部61の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンス $M'_{\max}$ は、式4に表わされる値となる。一方で、インクが消費され、キャビティ43内にインクが残留しつつ液体検出装置60の振動部61の周辺にインクが満たされていないときには、付加イナータンス $M'_{\text{var}}$ は、媒体の厚さ $t$ に基づいて式6によって算出される。式6中の $t$ は、振動にかかわる媒体の厚さであるから、インクが残留する液体検出装置60のキャビティ43の深さ $d$ を小さく、即ち、基板41の厚さを十分に薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる(図4(C)参照)。ここで、 $t_{\text{ink}}$ は振動にかかわるインクの厚さとし、 $t_{\text{ink-max}}$ は $M'_{\max}$ における $t_{\text{ink}}$ とする。

#### 【0085】

例えば、液体検出装置60は、インクカートリッジの底面にインクの液面に対してほぼ水平に配置される。この場合、インクが消費され、インクの液面が液体検出装置60から $t_{\text{ink-max}}$ の高さ以下になると、式6により $M'_{\text{var}}$ が徐々に変化し、式1により共振周波数 $f_s$ が徐々に変化する。従って、インクの液面が $t$ の範囲内にある限り、液体検出装置60はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

#### 【0086】

あるいは、液体検出装置60は、インクカートリッジの側壁にインクの液面に対してほぼ垂直に配備され得る。この場合、インクが消費され、インクの液面が液体検出装置60の振動部61に達すると、液位の低下に伴い付加イナータンス $M'$ が減少する。これにより、式1により共振周波数 $f_s$ が徐々に増加する。従って、インクの液面がキャビティ43の直径 $2a$ (図4(C)参照)の範囲内にある限り、液体検出装置60はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

#### 【0087】

図5(A)の曲線Xは、底面に配置された液体検出装置60のキャビティ43を十分に浅くした場合や、側壁に配置された液体検出装置60の振動部61を十分に大きくまたは長くした場合の、容器本体内に収容されたインクの量とインクお

よび振動部 61 の共振周波数  $f_s$  との関係を表わしている。容器本体内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部 61 の共振周波数  $f_s$  が徐々に変化していく様子が理解できる。

#### 【0088】

より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在しかつ振動にかかわる場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。

#### 【0089】

例えば、液体検出装置 60 をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、 $t_{ink}$  が  $t_{ink-max}$  より小さいときには、液体検出装置 60 の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、液体検出装置 60 の振動部 61 の面積  $S$  を用いて、式 4 の  $M'_{max}$  以下になった状態をインクと気体の付加質量で表すと、

$$M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} \cdot t_{air} / S + \rho_{ink} \cdot t_{ink} / S \quad (\text{式 8})$$

となる。ここで、 $M'_{air}$  は空気のイナータンスであり、 $M'_{ink}$  はインクのイナータンスである。 $\rho_{air}$  は空気の密度であり、 $\rho_{ink}$  はインクの密度である。 $t_{air}$  は振動にかかわる空気の厚さであり、 $t_{ink}$  は振動にかかわるインクの厚さである。

#### 【0090】

液体検出装置 60 の振動部 61 の周辺における振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、液体検出装置 60 がインクの液面に対しほぼ水平に配備されている場合には、 $t_{air}$  が増加し、 $t_{ink}$  が減少する。それによって、 $M'_{var}$  が徐々に減少し、共振周波数が徐々に増加する。よって、容器本体に残存しているインクの量またはインクの消費量を検出することができる。尚、式 7 において液体の密度のみの式となっているのは、液体の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

#### 【0091】



液体検出装置 60 がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、液体検出装置 60 の振動部 61 のうち、液体検出装置 60 の振動にかかわる媒体がインクのみ領域と、液体検出装置 60 の振動にかかわる媒体が気体のみの領域との並列の等価回路（図示せず）と考えられる。液体検出装置 60 の振動にかかわる媒体がインクのみ領域の面積を  $S_{ink}$  とし、液体検出装置 60 の振動にかかわる媒体が気体のみの領域の面積を  $S_{air}$  とすると、

$$1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air}/(\rho_{air} \cdot t_{air}) + S_{ink}/(\rho_{ink} \cdot t_{ink}) \quad (式 9)$$

となる。

#### 【0092】

尚、式 9 は、液体検出装置 60 のキャビティ 43 にインクが保持されない場合に適用される。液体検出装置 60 のキャビティ 43 にインクが保持される場合の付加イナータンスについては、式 9 による  $M'$  と式 7 の  $M'_{cav}$  との和によって計算することができる。

#### 【0093】

液体検出装置 60 の振動部 61 の振動は、 $t_{ink-max}$  の深さからインクの残留する深さ  $d$  まで変化するので、インクの残留する深さが  $t_{ink-max}$  よりわずかに小さい程度で液体検出装置 60 が底面に配置されている場合には、インクが徐々に減少する過程を検出することは出来ない。この場合、 $t_{ink-max}$  から残留する深さ  $d$  までのわずかなインク量変化における液体検出装置の振動変化から、インク量が増加したことを検出する。また、側面に配置され、キャビティ 43 の径が小さい場合は、キャビティ 43 を通過する間の液体検出装置 60 の振動変化は微量なので、通過過程のインク量を検出することは難しく、インク液面がキャビティ 43 より上か下かを検出する。

#### 【0094】

例えば、図 5 (A) の曲線 Y は、振動部 61 が小さい円形の振動領域を形成している場合における容器本体内のインクの量とインクおよび振動部 61 の共振周波数  $f_s$  との関係を示す。容器本体内のインクの液面が液体検出装置 60 の装着位置を通過する前後におけるインク量の差  $Q$  の間で、インクおよび振動部 61 の共

振周波数  $f_s$  が激しく変化している様子が示される。このことから、容器本体内にインクが所定量残存しているか否かを 2 値的に検出することができるので、高精度の検出が可能となる。

#### 【0095】

このように液体検出装置 60 を用いて液体の有無を検出する方法は、振動部 61 がインクと直接接触することでインクの有無を検出するので、インクの消費量をソフトウェアによって計算する方法に比べ、検出精度が高い。更に、電極を用いて導電性によりインクの有無を検出する方法は、容器本体への電極の取付位置及びインクの種類によって影響され得るが、液体検出装置 60 を用いて液体の有無を検出する方法は、容器本体への液体検出装置 60 の取付位置及びインクの種類によって影響され難い。

#### 【0096】

更に、単一の液体検出装置 60 を用いて発振と液体検出との双方を実施することができるので、発振と液体検出とを異なったセンサを用いて実施する方法と比較して、容器本体に取付けるセンサの数を減少することができる。したがって、液量検出機能を持つインクカートリッジ 7 を安価に製造できる。なお、圧電層 47 の振動周波数を非可聴領域に設定することで、液体検出装置 60 の動作中に発生する音を静かにすることが好ましい。

#### 【0097】

図 5 (B) は、インクの密度とインクおよび振動部 61 の共振周波数  $f_s$  との関係の一例を示す。ここで、「インク満」と「インク空」（或いは「インク無し」）とは相対的な 2 つの状態を意味し、いわゆるインクフル状態とインクエンド状態とを意味するものではない。図 5 (B) に示すように、インク密度が高い場合、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数  $f_s$  が低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数  $f_s$  が異なる。したがって、共振周波数  $f_s$  を測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なったインクが混入されていないか確認することができる。つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクカートリッジ 7 を識別できる。

#### 【0098】

続いて、インクカートリッジ7の容器本体内の液体が空の状態であっても液体検出装置60のキャビティ43内に液体が残存するようにキャビティ43のサイズと形状を設定した時において、液体の状態を正確に検出できる条件を詳述する。液体検出装置60は、キャビティ43内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャビティ43内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

#### 【0099】

共振周波数  $f_s$  は、イナータンス  $M$  の関数である。イナータンス  $M$  は、振動部61のイナータンス  $M_{act}$  と付加イナータンス  $M'$  との和である。ここで、付加イナータンス  $M'$  が液体の状態と関係する。付加イナータンス  $M'$  は、振動部61の付近にある媒体によって振動部61の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部61の振動によって見かけ上媒体を吸収する（振動に関わるイナータンスが増加する）ことによる振動部61の質量の増加分をいう。

#### 【0100】

従って、 $M'_{cav}$  が式4における  $M'_{max}$  よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャビティ43内に残存する液体である。よって、容器本体内に液体が満たされている状態と同じである。この場合、振動に関わる媒体は  $M'_{max}$  よりも小さくならないので、インクが消費されても変化を検出することが出来ない。

#### 【0101】

一方、 $M'_{cav}$  が式4における  $M'_{max}$  よりも小さい場合には、見かけ上吸収する媒体はキャビティ43内に残存する液体および容器本体内の気体または真空である。このときには容器本体内に液体が満たされている状態とは異なり  $M'$  が変化するので、共振周波数  $f_s$  が変化する。従って、液体検出装置60は、容器本体内の液体の状態を検出できる。

#### 【0102】

即ち、インクカートリッジ7の容器本体内の液体が空の状態、液体検出装置60のキャビティ43内に液体が残存する場合に、液体検出装置60が液体の状態を正確に検出できる条件は、 $M'_{cav}$  が  $M'_{max}$  よりも小さいことである。尚、

液体検出装置 60 が液体の状態を正確に検出できる条件  $M'_{\max} > M'_{\text{cav}}$  は、キャビティ 43 の形状にかかわらない。

#### 【0103】

ここで、 $M'_{\text{cav}}$  は、キャビティ 43 の容量とほぼ等しい容量の液体の質量イナータンスである。従って、 $M'_{\max} > M'_{\text{cav}}$  の不等式から、液体検出装置 60 が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャビティ 43 の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャビティ 43 の半径を  $a$  とし、およびキャビティ 43 の深さを  $d$  とすると、

$$M'_{\max} > \rho * d / \pi a^2 \quad (\text{式 } 10)$$

である。式 10 を展開すると

$$a / d > 3 * \pi / 8 \quad (\text{式 } 11)$$

という条件が求められる。従って、式 11 を満たす開口 161 の半径  $a$  およびキャビティ 43 の深さ  $d$  であるキャビティ 43 を有する液体検出装置 60 であれば、容器本体内の液体が空の状態であって、かつ、キャビティ 43 内に液体が残存する場合であっても、誤作動することなく液体の状態を検出できる。

#### 【0104】

尚、式 10、式 11 は、キャビティ 43 の形状が円形の場合に限り成立する。キャビティ 43 の形状が円形でない場合、対応する  $M'_{\max}$  の式を用い、式 10 中の  $\pi a^2$  をその面積と置き換えて計算すれば、キャビティ 43 の幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

#### 【0105】

なお、付加イナータンス  $M'$  は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動により液体検出装置 60 に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出しているともいえる。

#### 【0106】

図 6 (A) および図 6 (B) は、液体検出装置 60 に駆動信号を供給して振動部 61 を強制的に振動させた後の、液体検出装置 60 の残留振動（自由振動）の波形と残留振動の測定方法とを示す。インクカートリッジ 7 内の液体検出装置 60 の装着位置レベルにおける液面の上下は、液体検出装置 60 の圧電素子が発振

した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図6(A)および図6(B)において、縦軸は液体検出装置60の残留振動によって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。液体検出装置60の残留振動によって、図6(A)および図6(B)に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換(二値化)する。図6(A)および図6(B)に示した例においては、アナログ信号の4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測している。

#### 【0107】

より詳細には、液体検出装置60が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そして、4カウントから8カウントまでの間をHighとしたデジタル信号を生成し、所定のクロックパルスによって4カウントから8カウントまでの時間を計測する。

#### 【0108】

図6(A)は、液体検出装置60の装着位置レベルよりも上位に液面があるときの波形である。一方、図6(B)は液体検出装置60の装着位置レベルよりも下位に液面があるときの波形である。図6(A)と図6(B)とを比較すると、図6(A)の方が図6(B)よりも4カウントから8カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、液体検出装置60の装着位置レベルにおけるインクの有無によって4カウントから8カウントまでの所要時間が異なる。この所要時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。

#### 【0109】

アナログ波形の4カウント目から数えるのは、液体検出装置60の残留振動(自由振動)が安定してから計測をはじめるためである。4カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、4カウント目から8カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって4カウント目から8カウント目までの時間を測定している。この時間に基いて、共振周波数を求めることができる。クロックパルスは、8カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図6においては、4カ

ウント目から 8 カウント目までの時間を測定しているが、周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

#### 【0110】

例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度を上げるために 4 カウント目から 6 カウント目までの時間を検出することにより共振周波数を求めてもよい。また、インクの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために 4 カウント目から 12 カウント目までの時間を検出してもよい。

#### 【0111】

図 7 は、液体検出装置 60 を取付モジュール体 100 として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体 100 は、インクカートリッジ 7 の容器本体の所定個所に装着される。モジュール体 100 は、容器本体内の媒体の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器本体内の液体の消費状態を検知するように構成されている。

#### 【0112】

本実施形態のモジュール体 100 は、容器本体に液体検出装置 60 を取り付けるための容器取付部 101 を有する。容器取付部 101 は、平面がほぼ矩形の基台 102 と、駆動信号により発振する液体検出装置 60 を収容する基台 102 上の円柱部 116 と、を有している。また、モジュール体 100 は、インクカートリッジ 7 に装着されたときに、モジュール体 100 の液体検出装置 60 が外部から接触できないように構成されている。これにより、液体検出装置 60 を外部の接触から保護することができる。なお、円柱部 116 の先端側エッジは丸みが付けられていて、インクカートリッジ 7 に形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

#### 【0113】

図 8 は、図 7 に示したモジュール体 100 の分解図である。モジュール体 100 は、樹脂からなる容器取付部 101 と、プレート 110 および凹部 113 を有する装置装着部 105 (図 7 参照) とを含む。さらに、モジュール体 100 は、リードワイヤ 104a 及び 104b、液体検出装置 60 及びフィルム 108 を有

する。好ましくは、プレート 110 は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。

#### 【0114】

容器取付部 101 に含まれる円柱部 116 および基台 102 は、リードワイヤ 104a 及び 104b を収容できるように中心部に開口部 114 が形成されると共に、液体検出装置 60、フィルム 108、及びプレート 110 を収容できるように開口部 114 の周囲に凹部 113 が形成されている。

#### 【0115】

液体検出装置 60 は、プレート 110 にフィルム 108 を介して接合され、プレート 110 および液体検出装置 60 は凹部 113（容器取付部 101）に固定される。従って、リードワイヤ 104a 及び 104b、液体検出装置 60、フィルム 108 及びプレート 110 は、容器取付部 101 に一体として取り付けられる。

#### 【0116】

リードワイヤ 104a 及び 104b は、それぞれ液体検出装置 60 の上部電極端子 45 及び下部電極端子 44 と結合して、圧電層 47 に駆動信号（駆動パルス）を伝達する一方、液体検出装置 60 が検出した共振周波数の信号を記録装置等へ伝達する。

#### 【0117】

液体検出装置 60 は、リードワイヤ 104a 及び 104b から伝達された駆動信号に基づいて、一時的に発振する。また、液体検出装置 60 は、発振後に残留振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、容器本体内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。

#### 【0118】

フィルム 108 は、液体検出装置 60 とプレート 110 とを接着して、液体検出装置 60 を液密にする。フィルム 108 は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。液体検出装置 60 とプレート 110 とをフィルム 108 によって面状に接着して固定することにより、接着の場所によるば

らつきが無くなり、振動部以外の部分が振動しない。したがって、液体検出装置 60 をプレート 110 に接着しても、液体検出装置 60 の振動特性は変化しない。

#### 【0119】

なお、プレート 110 は円形状であり、基台 102 の開口部 114 は円筒状に形成されている。液体検出装置 60 及びフィルム 108 は矩形状に形成されている。リードワイヤ 104a 及び 104b、液体検出装置 60、フィルム 108 及びプレート 110 は、基台 102 に対して着脱可能としてもよい。基台 102、リードワイヤ 104a 及び 104b、液体検出装置 60、フィルム 108 及びプレート 110 は、モジュール体 100 の中心軸に対して対称に配置されている。また、基台 102、液体検出装置 60、フィルム 108 及びプレート 110 の中心は、モジュール体 100 のほぼ中心軸上に配置されている。

#### 【0120】

また、基台 102 の開口部 114 の面積は、液体検出装置 60 の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート 110 の中心で液体検出装置 60 の振動部に直面する位置には、貫通孔 112 が形成されている。図 2 乃至図 4 に示したように、液体検出装置 60 にはキャビティ 43 が形成されており、貫通孔 112 とキャビティ 43 とが、共にインク溜部を形成する。プレート 110 の厚さは、残留インクの影響を少なくするために、貫通孔 112 の径に比べて小さいことが好ましい。例えば、貫通孔 112 の深さはその径の 3 分の 1 以下の大きさであることが好ましい。貫通孔 112 は、モジュール体 100 の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。また、貫通孔 112 の面積は、液体検出装置 60 のキャビティ 43 の開口面積よりも大きい。貫通孔 112 の断面の周縁は、テーパ形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。

#### 【0121】

モジュール体 100 は、貫通孔 112 が容器本体の内側へ向くように、容器本体の側部、上部又は底部に装着される。インクが消費され、液体検出装置 60 周辺のインクがなくなると、液体検出装置 60 の共振周波数が大きく変化することに基づいて、インクの液位変化を検出することができる。



**【0122】**

図9は、図7に示したモジュール体100を、インクカートリッジ7の容器本体7aに装着したときの、容器本体7aの底部近傍の断面図である。モジュール体100は、容器本体7aの側壁に形成された貫通孔に装着されている。容器本体7aの側壁とモジュール体100との接合面には、Oリング90が設けられ、モジュール体100と容器本体7aとの液密を保っている。このようにOリング90でシールが出来るために、モジュール体100は、図7で説明したような円柱部を備えることが好ましい。

**【0123】**

モジュール体100の先端が容器本体7aのインク収容空間7bに露出することで、プレート110の貫通孔112を介して、容器本体7a内のインクが液体検出装置60と接触する。液体検出装置60の振動部の周囲が液体か気体かによって、液体検出装置60の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体100を用いてインクの消費状態を検出することができる。

**【0124】****【発明の効果】**

以上述べたように本発明による液体検出装置及び同装置を備えた液体容器によれば、液体検出装置の振動部における残留振動状態の変化を容易且つ確実に検出することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

本発明の一実施形態による液体検出装置を備えたインクカートリッジが使用されるインクジェット式記録装置の概略構成を示した斜視図である。

**【図2】**

本発明の一実施形態による液体検出装置を示した平面図である。

**【図3】**

図2に示した液体検出装置の一部を拡大して示した縦断面図であり、(A)は図2のA-A線に沿った断面を示し、(B)は図2のB-B線に沿った断面を示す。

**【図 4】**

図 2 及び図 3 に示した液体検出装置の周辺およびその等価回路を示す図である。

**【図 5】**

(A) は、図 2 及び図 3 に示した液体検出装置によって検出される振動部の共振周波数とインクカートリッジ内のインク残量との関係を示し、(B) は、図 2 及び図 3 に示した液体検出装置によって検出されるインクの共振周波数とインク密度との関係を示す。

**【図 6】**

図 2 及び図 3 に示した液体検出装置における逆起電力波形を示す図である。

**【図 7】**

図 2 及び図 3 に示した液体検出装置を組み込んだモジュール体を示す斜視図である。

**【図 8】**

図 7 に示したモジュール体の構成を示す分解図である。

**【図 9】**

図 7 に示したモジュール体をインクカートリッジの容器本体に装着した断面の例を示す図である。

**【図 10】**

従来の液体検出装置（圧電装置）を示した図である。

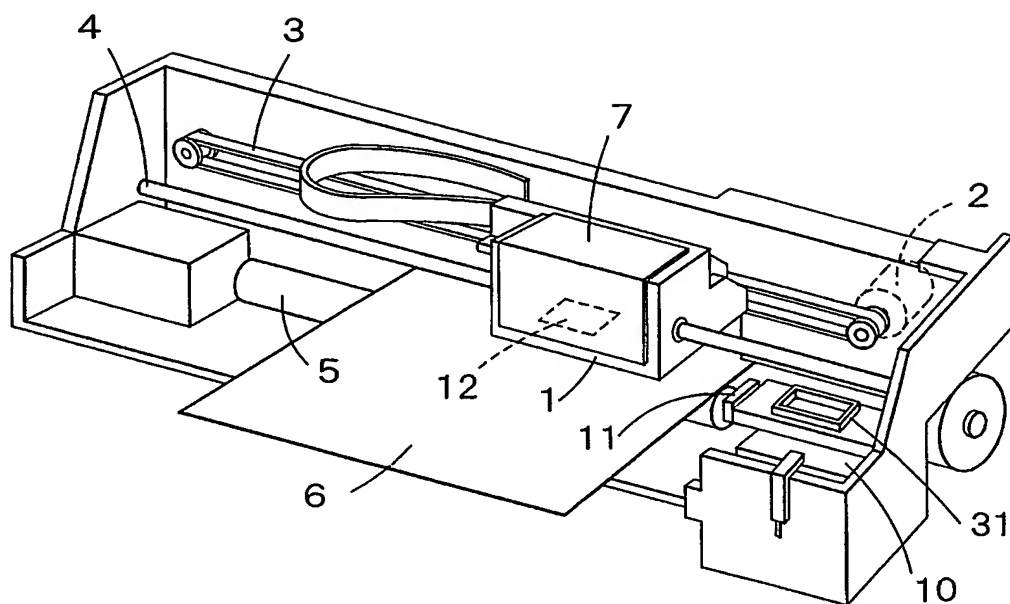
**【符号の説明】**

- 7 インクカートリッジ
- 7 a 容器本体
- 40 基部
- 40 a 基部の第 1 面
- 40 b 基部の第 2 面
- 41 基板
- 42 振動板
- 43 キャビティ（凹部）

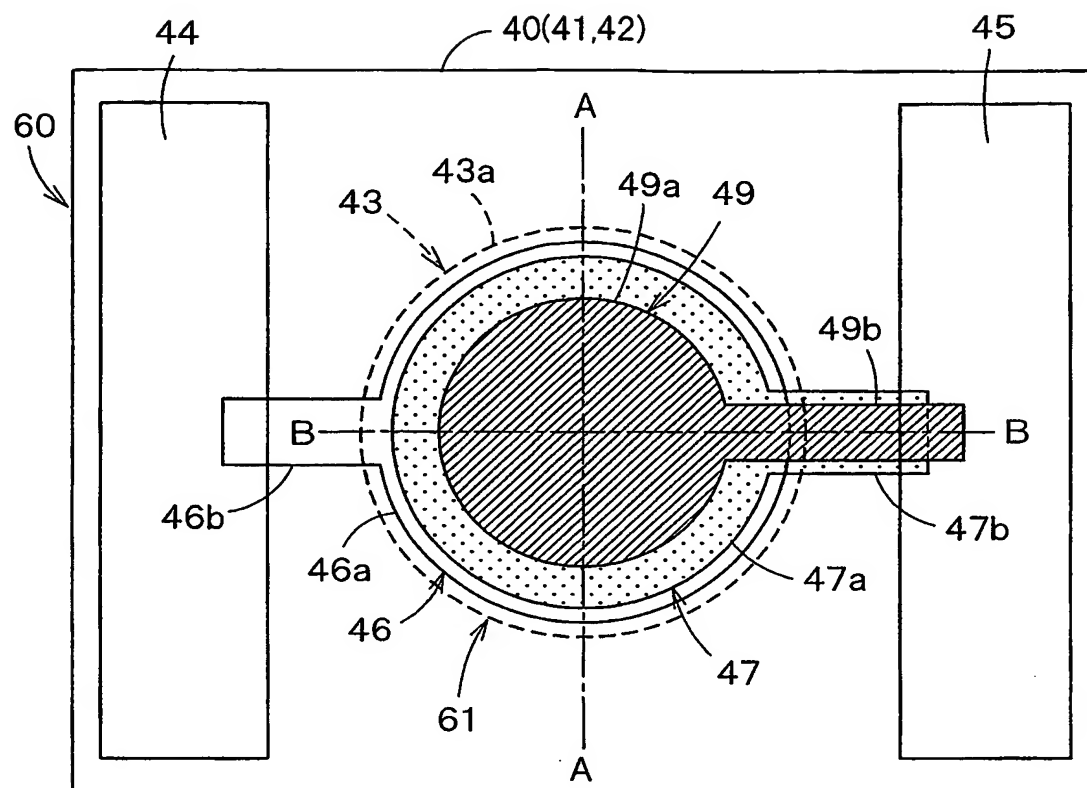
- 4 6 下部電極
  - 4 6 a 下部電極の本体部
  - 4 6 b 下部電極の延出部
- 4 7 圧電層
  - 4 7 a 圧電層の本体部
  - 4 7 b 圧電層の延出部
- 4 9 上部電極
  - 4 9 a 上部電極の本体部
  - 4 9 b 上部電極の延出部
- 6 0 液体検出装置
  - 6 1 液体検出装置の振動部

【書類名】 図面

【図 1】

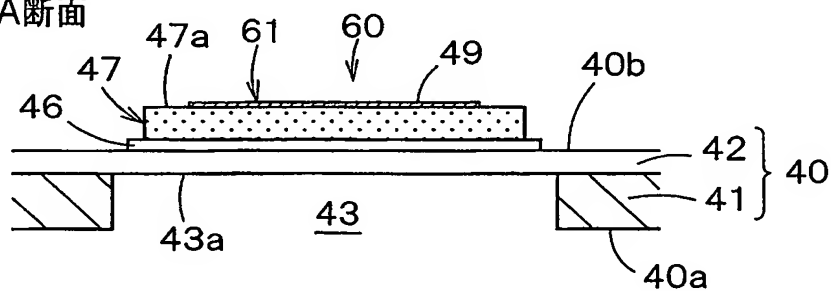


【図 2】

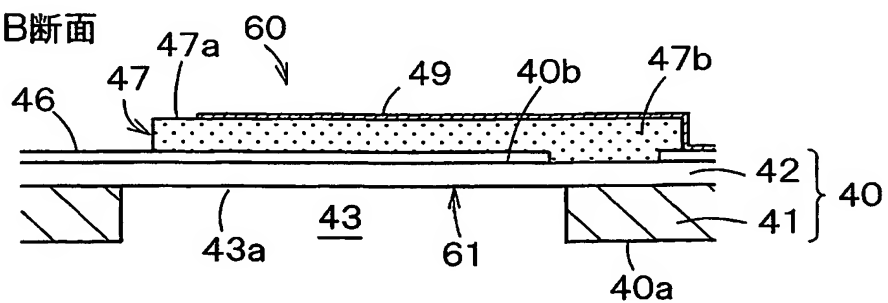


【図 3】

(A) A-A断面

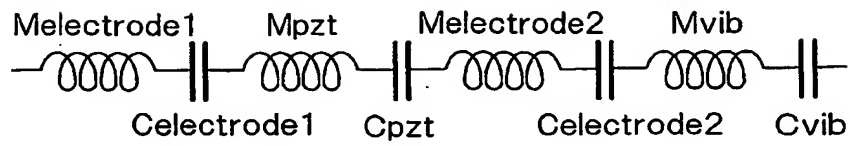


(B) B-B断面

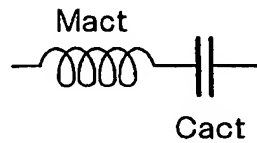


【図 4】

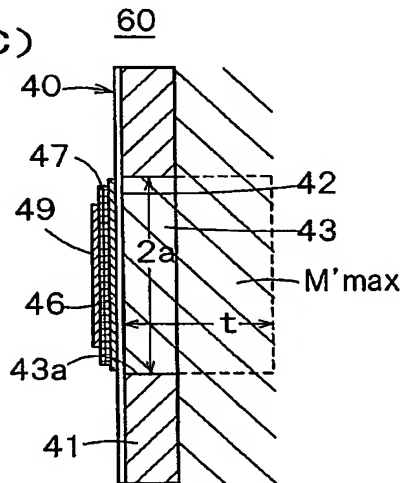
(A)



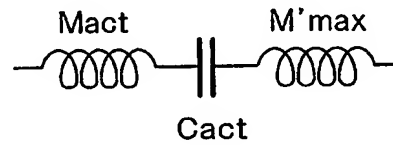
(B)



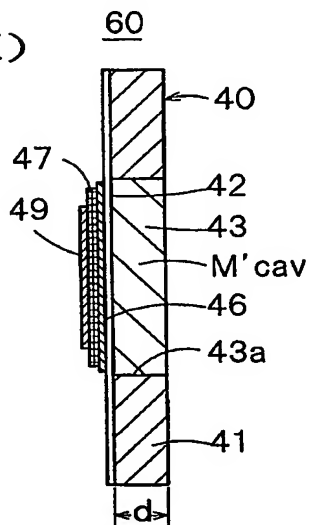
(C)



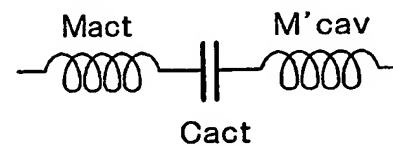
(D)



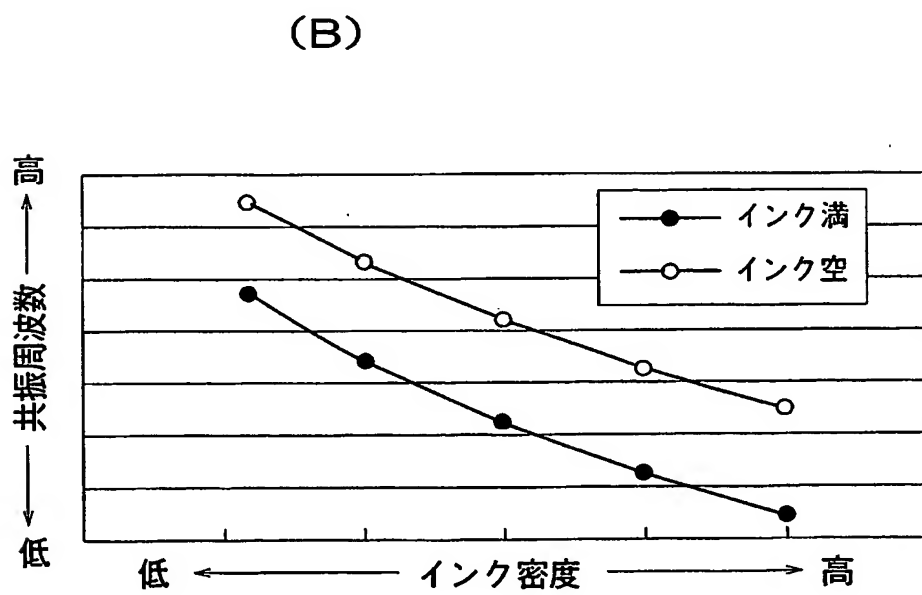
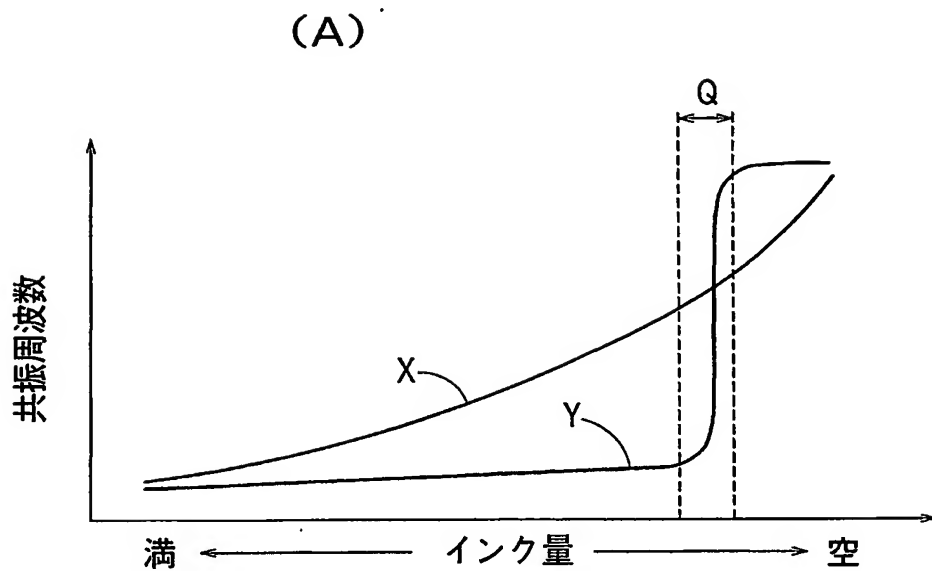
(E)



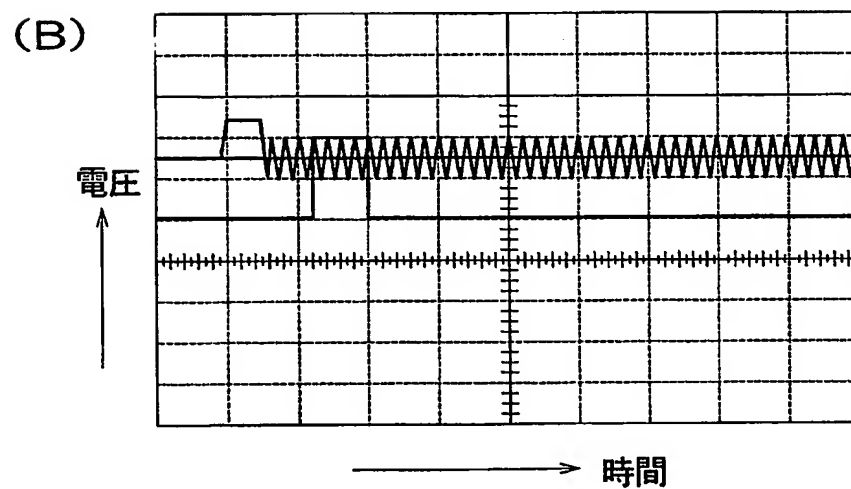
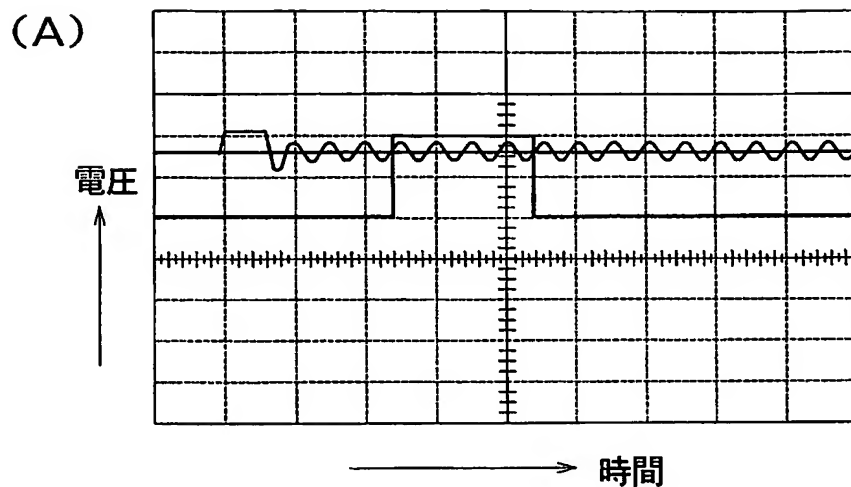
(F)



【図 5】

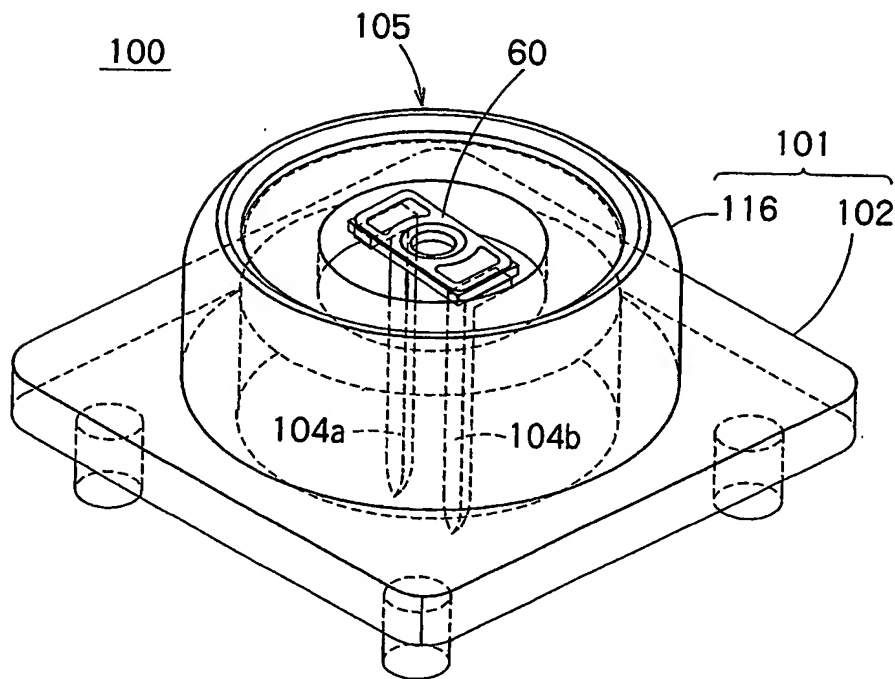


【図 6】

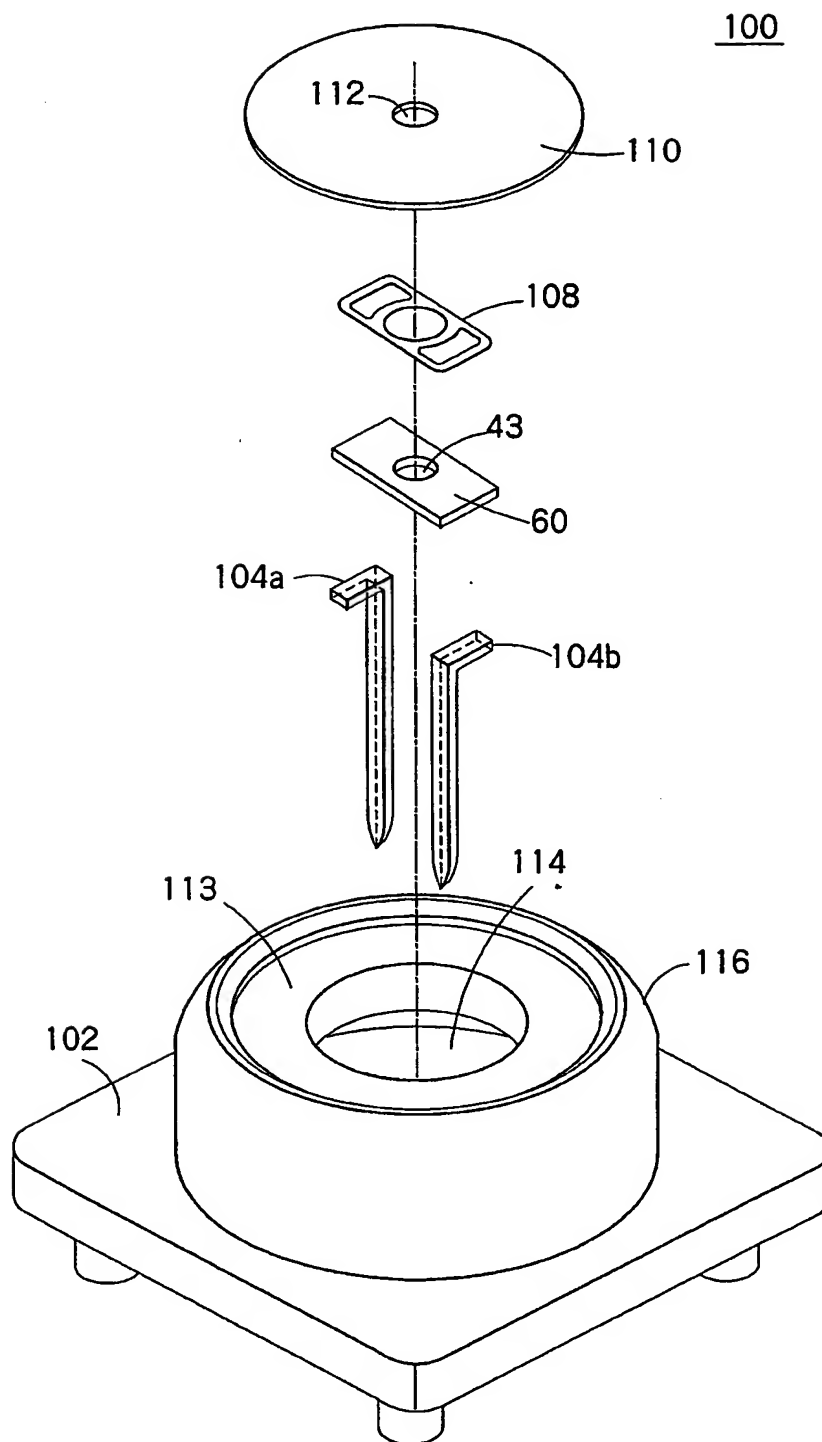




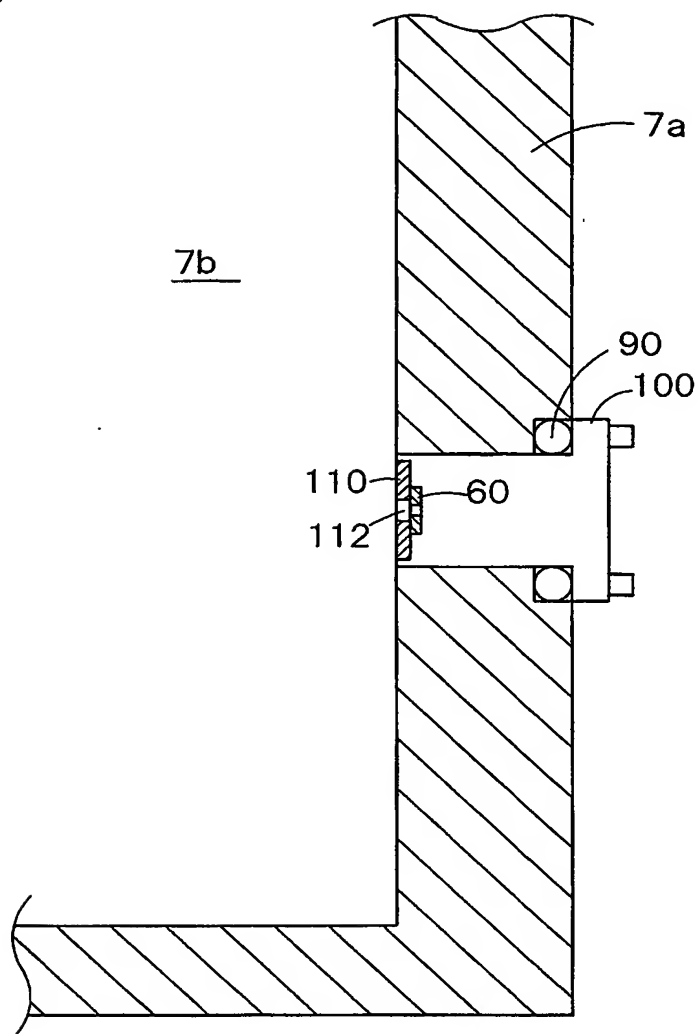
【図 7】



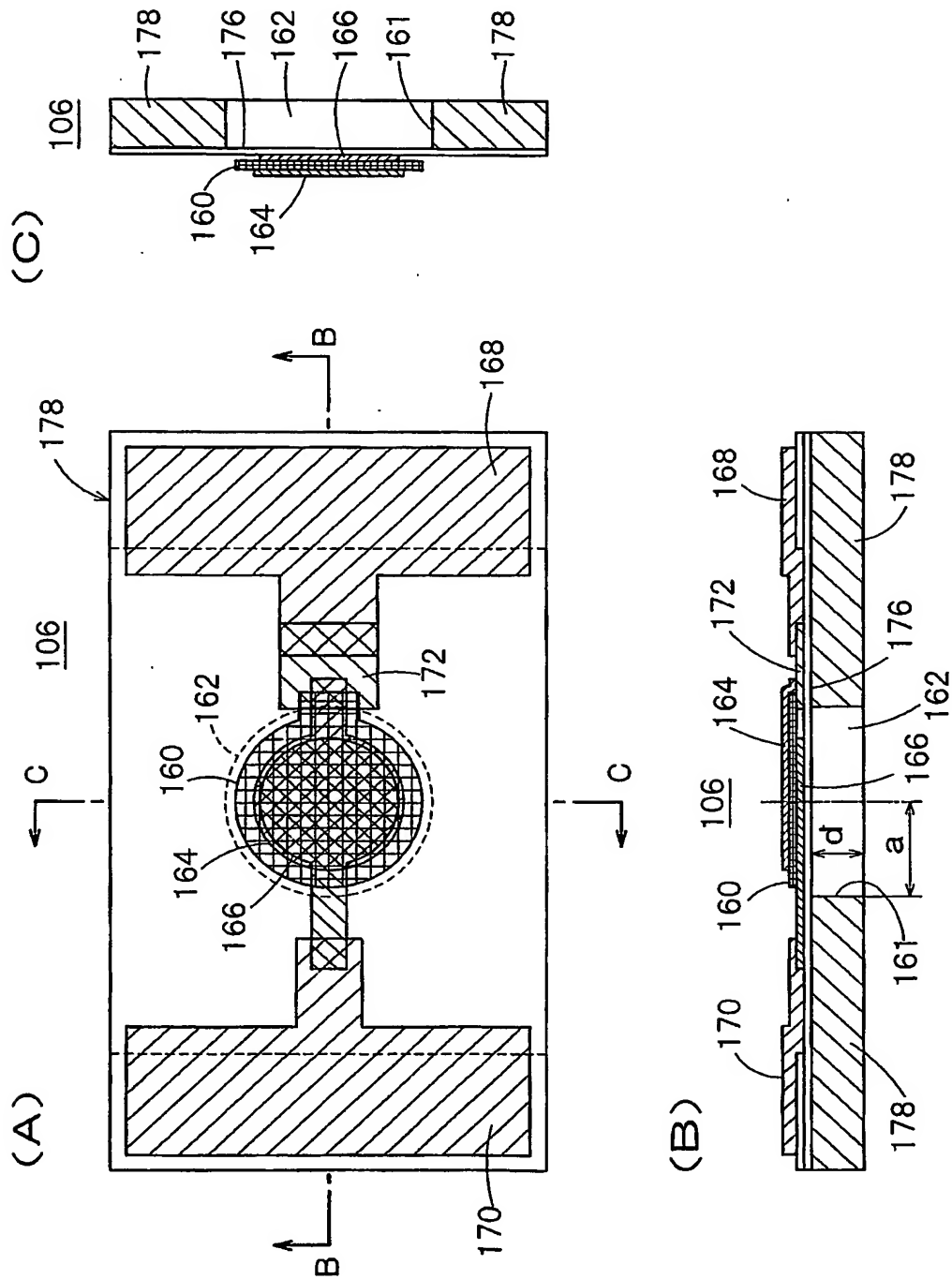
【図 8】



【図 9】



【図 10】






【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 液体検出装置の振動部における残留振動状態を容易且つ確実に検出できる。

【解決手段】 本装置は、検出対象の媒体を受け入れる凹部 43 が第 1 面 40 a 側に形成され、凹部 43 の底面 43 a が振動可能に形成されている基部 40 と、凹部 43 の底面 43 a よりも小さな寸法にて第 2 面 40 b 側に形成されて底面 43 a に対応する領域の内部に配置された本体部 46 a を有する第 1 電極 46 と、第 1 電極本体部 46 a よりも小さな寸法にて形成されて第 1 電極本体部 46 a に積層された本体部 47 a を有する圧電層 47 と、圧電層本体部 47 a よりも小さな寸法にて形成されて圧電層本体部 47 a に積層された本体部 49 a を有する第 2 電極 49 と、を備える。

【選択図】 図 2



特願 2003-056009

ページ： 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000002369]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1990年 8月20日

新規登録

住所  
氏名

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
セイコーエプソン株式会社